

MÉTODOS PARA EVALUAR EL USO DE ENERGÍA EN LOS ALMACENES FRIGORÍFICOS PARA ALIMENTOS

Con motivo de la **3rd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain**, celebrada en Londres, Roayume-Uni (Reunido Unido) el pasado año 2014, organizado por el **International Institute of Refrigeration (IIR/IIF)**, y realizado por las **Comisiones C2, D1 y D2** y en el que **J.A. Evans, A.M. Foster, A. Landfeld** (de Faculty of Engineering, Science and the Built Environment, London South Bank University. UK), **J.M. Huet, L. Reinholdt** (de Danish Teknologisk Institut. Dinamarca), **K. Fikiin** (de Technical University of Sofia. Bulgaria), **C. Zilio** (de University of Padova, Dept. of Industrial Engineering. Italia), **M. Houska, A. Landfeld** (de Food Research Institute Prague. Rep. Checa), **C. Bond** (de Carbon Data Resources Ltd.. UK), **M. Scheurs** (de Catholic University College Limburg. Bélgica) y **T.W.M. van Sambeek** (de Cold Chain Experts in Coldstore Expertise Center. Holanda), presentaron su estudio "**METHODS TO ASSESS ENERGY USAGE IN FOOD COLD STORES**"

RESUMEN

Un modelo matemático fue aplicado para predecir la energía utilizada por las cámaras frigoríficas. Esto se comparó con los datos de consumo de energía reales recogidos en un estudio de las cámaras frigoríficas. El modelo se utilizó para investigar diferentes escenarios de uso y variadas condiciones ambientales alrededor de las cámaras frigoríficas refrigeradas y congeladas. Esto indica que muchos almacenes refrigerados y congelados tenían un uso muy alto y/o sistemas de refrigeración ineficientes. Menos de un 13% de enfriado y un 12% de congelado de los almacenes utilizó menos energía que un almacén que utilizó de manera eficiente un sistema de refrigeración eficiente. El modelo indica que los almacenes pequeños de menos de 25.000 m³ tendían a usar más energía que el modelo predicho, incluso en el más alto escenario de uso menos eficiente. Con una otra validación el modelo podría ser utilizado para comparar el uso de la energía de las cámaras frigoríficas y ayudar a identificar dónde el ahorro de energía pueda conseguirse mejor.

1. INTRODUCCIÓN

Todos los alimentos refrigerados y congelados y los productos farmacéuticos de temperatura controlada se almacenan en una cámara frigorífica al menos una vez durante su viaje desde la producción hasta el consumidor. Los almacenes refrigerados generalmente mantienen los productos a temperaturas entre -1 y 10°C mientras que los almacenes congelados generalmente mantienen el producto por debajo de -18°C. El mercado de las cámaras frigoríficas es extremadamente diverso consistiendo en pequeños almacenes de 10 a 20 m³ hasta grandes almacenes de cientos de miles de

metros cúbicos. Todas las cámaras frigoríficas tienen la función de almacenar un producto a la correcta temperatura y para evitar la pérdida de calidad, de manera tan económicamente como sea posible. En Europa hay aproximadamente 1.7 millones de cámaras frigoríficas por un total de 60 a 70.000.000 m³ de volumen de almacenamiento. De éstos, el 67% son pequeñas tiendas con un volumen de menos de 400 m³ (Mudgal, et al. 2011).

Hay pocos estudios publicados que comparan el desempeño de más de un par de cámaras frigoríficas. Las encuestas también rara vez diferencian entre el tipo de tienda, la temperatura de almacenamiento, la ubicación, tamaño de la sala o función de la sala. En el año 2002 el **IIF** estimó que el Consumo Específico de Energía (SEC) de las cámaras frigoríficas fue entre 30 y 50 kWh m³/año (Duiven y Binard 2002). El valor mínimo de este estudio fue similar a los valores de un estudio llevado a cabo en los Países Bajos por **Bosma (1995)** que encontró que el consumo de energía de las cámaras frigoríficas era de 35 kWh m³/año. En el Reino Unido **ETSU (1994)** también encontró que las tiendas consumían como mínimo 34 kWh m³/año, pero que el consumo también podría ser de hasta 124 kWh m³/año. Otros estudios en los EE.UU. por **Elleson y Freund (2004)** y **Singh (2006)** encontraron los SEC entre 19 y 88, y 15 y 132 kWh m³/año, respectivamente. En uno de los últimos estudios más completos realizados en Nueva Zelanda por **Werner et al. 2006**, se comparó el rendimiento de 34 cámaras frigoríficas. Los SEC registraron variaciones desde 26 a 379 kWh m³/año lo que demuestra que hubo una gran variación en la energía consumida por los almacenes frigoríficos. El ahorro de entre el 15 y 26% resultó ser alcanzable mediante la aplicación de tecnologías de mejores prácticas.

Este amplio rango en el rendimiento también fue encontrado por *Carlsson-Kanyama y Faist (2000)* quienes toman datos de *BELF (1983)* para el uso de energía para congeladores con un volumen neto de un litro por día que era de 1.0 kJ (equivalente a 101 kWh m³/año) cuando el alimento se almacena en salas de 10.000 m³, mientras que en salas de 10 m³ la energía era 15 kJ (equivalente a 1.520 kWh m³/año). En ambos estudios el rango entre el mejor y el peor fue 15.

La escasa información que se ha publicado de rendimientos y almacenamiento, es a menudo difícil de comparar debido a las métricas utilizadas por los autores. El informe de energía de *Carlsson-Kanyama y Faist (2000)* utilizado para almacenamiento en frío a largo plazo de las manzanas puede variar entre 0.9 - 1.7 kJ/kg/día. Las cifras comunicadas por *Swain (2010)* para el almacenamiento de patatas recogidas durante un período de 3 años a partir de 8 almacenes se comprendieron entre 0.1 y 0.29 kWh toneladas/día. En promedio, la energía varió desde 0.12 hasta 0.15 kWh ton./día dentro de cada uno de los 3 años donde se llevó a cabo el estudio. Los resultados mostraron una enorme diferencia en el consumo de energía entre los mejores y peores almacenes. Cabe señalar que los datos incluyen toda la energía utilizada y que en tiempo frío, los productores de patata necesitan para calentar los almacenes a las temperaturas de almacenamiento habituales de 3°C para mantener las patatas. Adicionalmente, no hay información presentada sobre las temperaturas del almacén y por lo tanto los almacenes que más eficientes parecen pueden ser los que almacenan las patatas a una temperatura más alta.

Anteriores auditorías detalladas llevadas a cabo en un pequeño número de cámaras frigoríficas han confirmado que el consumo de energía puede variar considerablemente y que esto era debido a una variedad de factores (*Evans y Gigiel 2007*) (*Evans y Gigiel 2010*) (*Evans et al. 2014*). Estos estudios también demostraron que el ahorro de energía de alrededor de 30-40% era alcanzable al optimizar el uso de los almacenes, mediante la reparación de los equipos actuales y la adaptación de equipos de eficiencia energética.

Aunque el rendimiento de las cámaras frigoríficas ha sido comparado en una serie de estudios de las razones de las variaciones que han sido encontradas, éstas no son entendidas. En este trabajo se utiliza un modelo matemático para comparar el rendimiento de las cámaras frigoríficas bajo variados escenarios de uso para comparar los resultados con los datos recogidos en un gran estudio de las cámaras frigoríficas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Datos de estudio

Los datos fueron recogidos como parte de un estudio de la eficiencia energética del almacén frigorífico. Aunque una

gran gama de parámetros se recogieron, los principales parámetros utilizados para el análisis de este trabajo fueron: temperatura del almacén, el volumen del almacén y el uso de energía por año. Otros detalles de la recogida de datos se pueden encontrar en *Evans, et al. (2014)*.

2.2 Modelo matemático

Un modelo matemático del uso de la energía de la cámara frigorífica fue desarrollado para predecir la energía utilizada por las cámaras frigoríficas. El modelo fue descrito con más detalle por *Foster, et al. (2013)*. El modelo estaba en estado estacionario, por lo tanto todas las cargas térmicas fueron un promedio de un día. El almacén de frío se modeló como una caja rectangular totalmente sellada con una puerta de entrada. El almacén frigorífico tenía suficiente masa térmica, de tal manera que las aberturas de puertas no cambiaron la temperatura en el almacén frigorífico. La temperatura del aire ambiente fuera de la misma no cambia por las aberturas de las puertas. Sólo había una capa de aislamiento en las paredes, el techo y el piso. Cualquier revestimiento metálico fue ignorado, como la resistencia a la transferencia de calor desde éste se considera insignificante. El flujo luminoso de las luces era dividido por el área del piso y las paredes para dar una luminancia uniforme. La masa térmica de la carretilla elevadora de los camiones fue ignorada. Por lo tanto si se movían desde un lugar caliente en el almacén, no se cedía este calor al almacén. La energía de las carretillas elevadoras no incluyó la carga de las baterías. Cualquier producto que cambiara de temperatura cuando se carga en la tienda, no tenía una carga latente (por ejemplo, la congelación y descongelación), sólo una carga sensible.

Los datos fueron recogidos a través de una hoja de cálculo. Las entradas incluyen:

- Información sobre cada pared (incluyendo techo y piso) de la cámara frigorífica, por ejemplo, área de la cara, si estaba en el sol, externa o interna y el tipo, color y el grosor del aislamiento.
- El tamaño de la puerta, su horario de apertura, si se ha protegido (por ejemplo, mediante tiras o cortinas), cantidad de tráfico a través de la puerta y las condiciones externas.
- El sistema de refrigeración, el refrigerante, el tipo de condensador, condensador ambiental, eficiencia de compresor y el número de etapas de compresión.
- Las cargas térmicas dentro del almacén desde las carretillas elevadoras, luces, personal, producto, descongelados y ventiladores del evaporador.
- Las cargas eléctricas de las luces, descongelados, ventiladores del evaporador y ventiladores del condensador.

A partir de estos datos se calculó una carga térmica en estado estacionario de la cámara frigorífica. Una energía eléctrica del compresor se deriva de la carga térmica usando un COP calculado. La energía del compresor E_{comp} fue calculado utilizando la fórmula dada en Cleland (1994) (ec. 1).

$$E_{comp} = \frac{[Q \cdot (T_c - T_e)]}{[(273 + T_e)(1 - \alpha \cdot x)^n \mu_c]} \quad (1)$$

Donde Q es la carga de calor total en la cámara frigorífica, T_c es la temperatura de condensación, T_e es la evaporación temperatura, α es una constante empírica para diferentes refrigerantes, x es la vaporización fraccionada en expansión desde el líquido a la saturación en la descarga, n fue el coeficiente de escenario y μ_c fue la eficiencia isentrópica del compresor

La potencia eléctrica de los motores de los ventiladores del condensador y del evaporador, E_{motor} se calculó a partir de la ecuación (2).

$$E_{motor} = \frac{N_{motor} P_o}{\mu_{motor}} \quad (2)$$

Donde N_{motor} son los números de motores de los ventiladores, P_o es la potencia de salida (eje) del motor del ventilador y μ_{motor} es la eficiencia del motor del ventilador. Para descongelamientos eléctricos, la potencia eléctrica del calentador de descongelación fue dada por la ecuación (3).

$$E_{def} = \frac{1}{\mu_D} \frac{\{[m_{DO} \cdot (X_o - X_i) \cdot L_f D_{DO} \cdot N_{DO}] + (m_{WL} \cdot L_f)\}}{(24 \cdot 3600)} \quad (3)$$

Donde m_{DO} es el flujo de masa a través de una puerta abierta, X_o y X_i son la concentración de agua en el aire exterior y dentro del frío de la tienda, L_f es el calor latente de fusión para agua, D_{DO} es la duración de apertura de cada puerta, N_{DO} es el número de aperturas de puertas por 24 horas, m_{WL} es la pérdida de peso del producto y embalaje y μ_D es la eficiencia de descongelación. Cuando la descongelación es ó gas caliente ó pasiva entonces $E_{def} = 0$.

La energía eléctrica de las lámparas E_L fue dada por la ecuación (4).

$$E_L = L (A_f / e_L) \quad (4)$$

Donde L es el flujo luminoso requerido, A_f es la zona baja y e_L es la eficacia de las lámparas.

Si la calefacción por suelo radiante, E_f , utiliza calor recuperado entonces $E_f = 0$.

Esta energía eléctrica está en todas las demás energías eléctricas de los ventiladores, luces, calentadores de descongelación, suelo radiante, etc.

Para comprender mejor las variaciones en los datos de muestras recopiladas, 8 escenarios de los utilizados se modelaron para almacenar una gama de volúmenes entre 10 y 350.000 m³ (Tabla 1). La geometría del almacén modelado fue de 5 m altura con anchura y profundidad igual en todos los casos. Para cada escenario un almacén refrigerado a 2°C y un almacén de congelados a -23°C fueron modelados a la temperatura media anual según ubicación del almacén (basado en datos de la weatherbase (LLC, Canty y Associates 2013)). Los 8 escenarios oscilaron entre un escenario con alta eficiencia donde todas las cargas térmicas se minimizaban con un escenario con almacén ineficiente con altas cargas térmicas de infiltración, iluminación, ventiladores, personas, carretillas elevadoras y radiación externa.

Los parámetros para cada escenario se seleccionaron con base en la información obtenida de las auditorías energéticas realizadas por Evans, et al. (2014). Estos representan un cambio de lo que sería la configuración más eficiente a la peor configuración viable posible. Los detalles completos de las suposiciones hechas para cada uno de los 8 escenarios se enumeran en la Tabla 1.

3. RESULTADOS

3.1 Rendimiento energético previsto del almacén frigorífico

La previsión y energía utilizada para los 8 escenarios se presentan en la Figura 1 (almacén de refrigerados) y la Figura 2 (almacén de congelados). En las encuestas, el bajo rendimiento de la utilización, el sistema de refrigeración eficiente modelado en el escenario 1 sólo es alcanzado en un 3.2% los almacenes de refrigerados y el 2.4% de los almacenes de congelados (Figura 3). En contraste, el 88.9% de los almacenes de enfriado y el 96% de los almacenes de congelados, obtuvieron mejores resultados que el previsto para un uso alto, el sistema de refrigeración ineficiente fue el escenario 8.

Las condiciones ambientales de alrededor del almacén consiguieron una mayor influencia en los almacenes de congelados que en los almacenes de refrigerados. Esto era debido a la mayor diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y la del almacén de congelados. La temperatura ambiente tuvo un mayor impacto en el consumo de energía cuando el uso del almacén era alto y esto se debe principalmente a las aberturas de las puertas.

Aunque la sucesión de cada escenario aumenta el uso y la ineficacia de los almacenes, ciertos supuestos tienen un efecto mayor que otros. En particular, la eficiencia del sistema de

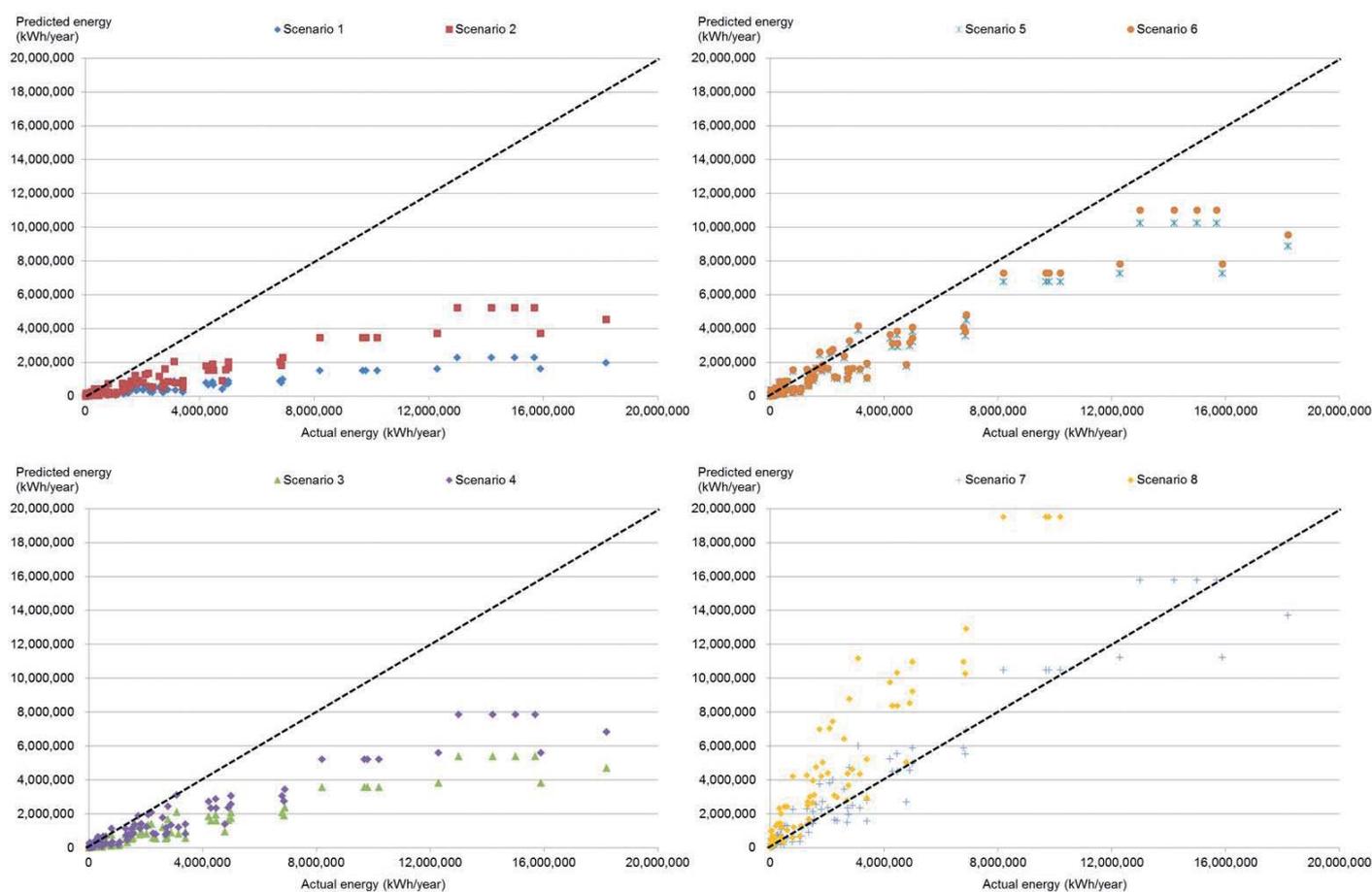


Figura 1. Comparación de la predicción y energía medida en los 8 escenarios de almacenes de refrigerados (línea discontinua muestra que $x = y$, lo que indica que los puntos de los almacenes frigoríficos por encima de la línea discontinua utilizan menos energía que el modelo simulado).

refrigeración (y en particular el uso de condensadores evaporativos) tuvieron un impacto importante en el uso de energía. El producto, la iluminación y también las cargas térmicas

del ventilador tenían un mayor impacto en el uso de energía. el sombreado y el color de la pared, el flujo de aire alrededor de la tienda, el personal y la carga térmica de la carretilla elevadora tuvieron un impacto mínimo en los niveles modelados. La carga de infiltración fue sólo importante cuando la puerta no estaba protegida y el número de aperturas de la puerta era alta. Como los deshielos se relacionaron con la entrada de humedad en el almacén, el impacto de desescarche fue similar a la de las cargas de infiltración.

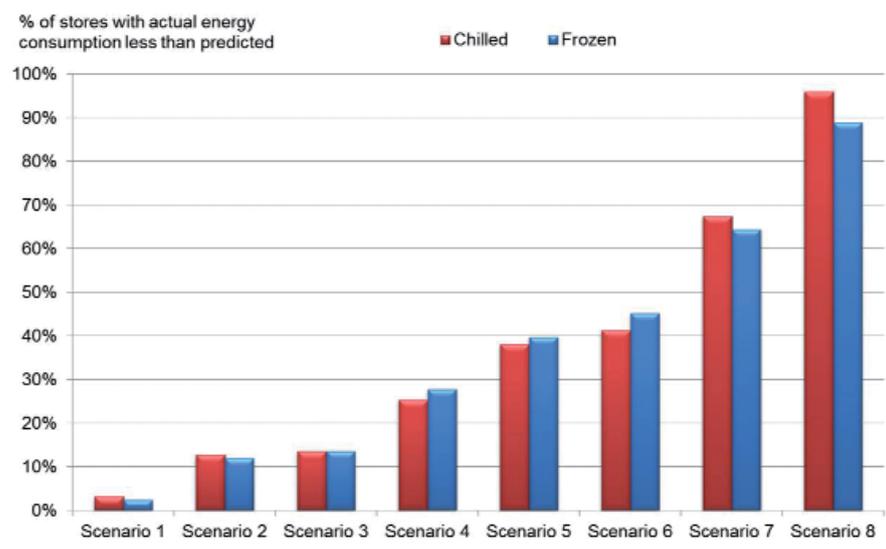


Figura 3: Porcentaje de almacenes que lograron igual a, o menor que, en el consumo de energía previsto de cada escenario modelado

3.2.- Efecto del volumen del almacén

Se investigaron los almacenes que utilizaron más energía de lo previsto. Aunque la información detallada sobre todos los almacenes no estaba disponible, se notaba que para ambos almacenes refrigerados y congelados, los almacenes más pequeños tienden a utilizar más energía de lo previsto. La Figura 4 muestra la energía real utilizada

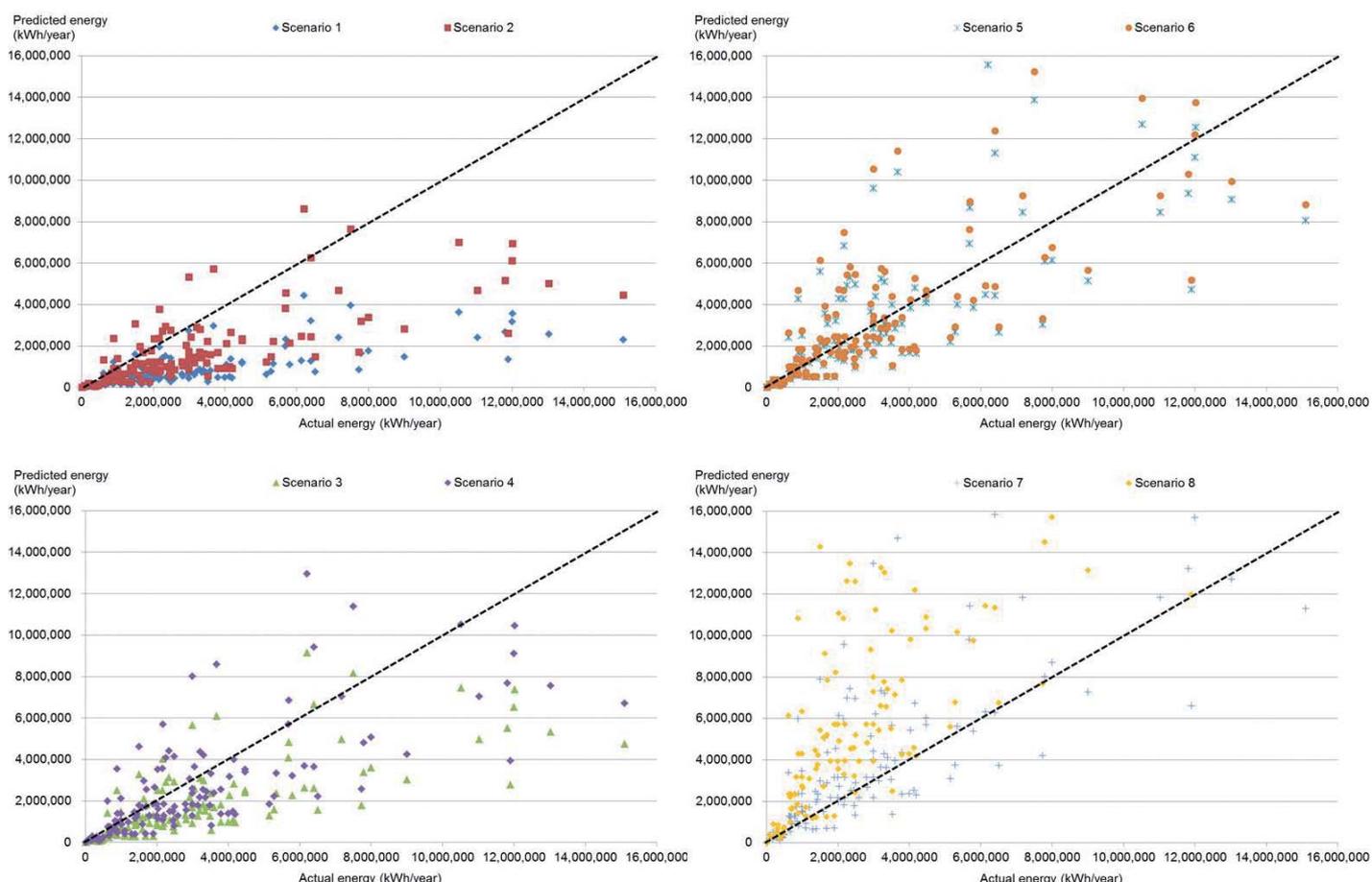


Figura 2. Comparación de la predicción y energía medida en los 8 escenarios de almacenes de congelados (línea discontinua muestra que $x = y$, lo que indica que los puntos los almacenes frigoríficos por encima de la línea discontinua utilizan menos energía que el modelo simulado)

por los almacenes de refrigerados y congelados en comparación con el uso de la energía prevista por el escenario 8. En ambos casos los almacenes que utilizan más energía que el modelo previsto eran todos de menos de 100.000 m³, siendo

la mayoría de menos de 25.000 m³. Esto podría indicar que almacenes pequeños tienen componentes menos eficientes y que el impacto de una mayor superficie de volumen puede tener una influencia.

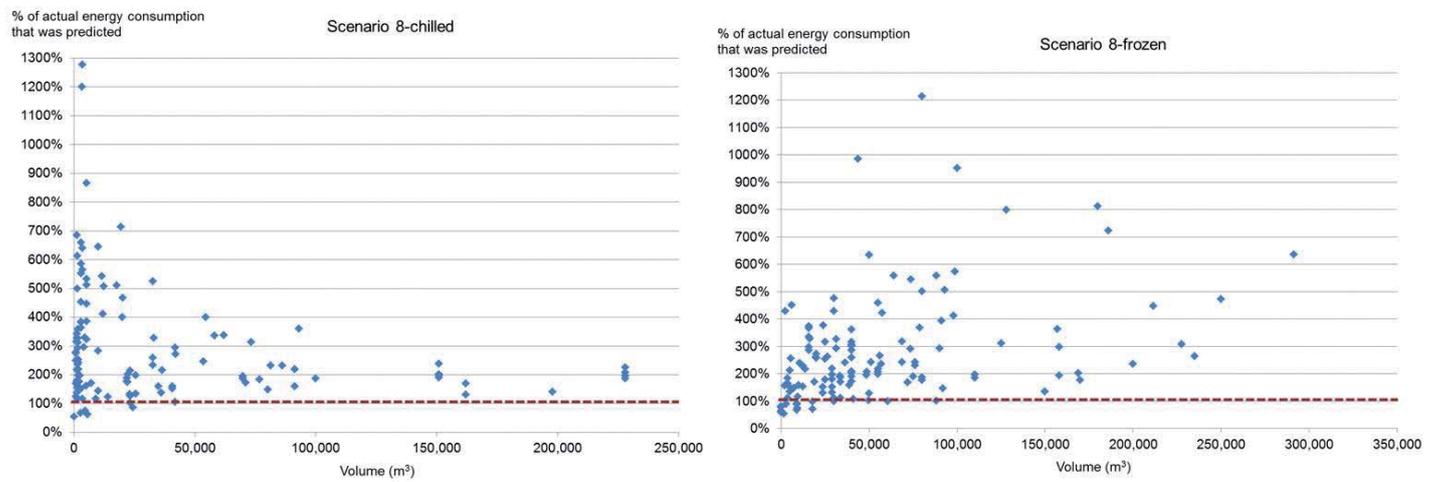


Figura 4. Volumen de los almacenes frigoríficos en comparación con el porcentaje de consumo real de energía prevista por el modelo para el escenario 8 (un valor de menos de 100% en el eje y denota que la tienda utiliza más energía que la prevista en el escenario 8)

4. DISCUSIÓN

Los datos de consumo de energía para los almacenes frigoríficos recogidos en el estudio mostraron que hubo una gran variabilidad en su consumo de energía. *Evans, et al. (2014)* trabajó para auditar los almacenes frigoríficos y entender por qué el consumo de energía varía de manera considerable entre almacenes, demostró que no había un solo factor que contribuye a poder reducir el consumo de energía. Por lo tanto es difícil identificar uno o un pequeño número de factores que influyen en el uso de energía. El modelo matemático se utilizó para tratar de entender algo de esta variabilidad.

Aunque los escenarios modelados no son necesariamente exactos en términos reales de uso, ellos muestran (del escenario 1 al 8) el impacto del aumento del uso y la reducción de la eficiencia del sistema de refrigeración. El modelo requiere una validación más detallada antes de que los resultados pueden ser totalmente confirmados como exactos, pero dentro de los escenarios modelados, y con los datos reales de la encuesta, el rango de predicciones parece realista.

Si se trabaja más, el modelo puede ser validado para que luego pueda ser utilizado para modelar almacenes frigoríficos específicos y para predecir un rango en el uso de energía que podría ser utilizado para crear una etiqueta de energía o

Tabla 1. Premisas utilizadas en el modelo

Escenario 1

Paredes externas	Todos paredes sombreadas. Todas las paredes de color claro
Aislamiento pared	Poliuretano, 100 mm para los almacenes refrigerados, 150 mm para almacenes de congelados
Aire alrededor almacén	Tranquilo
Calefacción por suelo radiante	Ninguna
Sistema de refrigeración	R717 (amoníaco), etapa 2 compresión/1 expansión, alta eficiencia isoentrópica (0.7), Condensador evaporativo
Descongelación	Fuera de ciclo para los almacenes de refrigerados, eléctrica para los almacenes de congelados
Carga térmica del producto	Ninguna
Carga térmica del montacargas	Ninguna
Carga térmica del personal	Ninguna
Carga térmica de la iluminación	Ninguna
Carga térmica de infiltración	Ninguna
Evaporador/condensador potencia del ventilador	Creada por correlación a partir de <i>Evans et al. 2013b</i>

Escenario 2 Como el escenario 1, excepto:

Carga térmica del producto	Carga de alimento a 1°C sobre la temperatura almacén Densidad producto = 250 kg m ⁻³ , pérdida de peso del producto = cero Almacén de refrigerados: 25% de la masa total cargada cada día. Almacén de congelados: 10% de la masa total cargada cada día.
Carga térmica carretilla elevadora	1 por 40,000 m ³ de volumen tienda, tamaño = medio, eléctrico, funcionando 12h por día
Carga térmica del personal	2 personas por carretilla elevadora, 2 horas al día, persona en el almacén para períodos cortos
Carga térmica de la iluminación	Luces fluorescentes, 50 lumens.W ⁻¹ , 500 lux, funcionando 12 horas por día
Carga térmica infiltración	Alto de puerta 2,5 m, anchura 2 m como mínimo, si > 50,000 m ³ es el volumen del almacén, el volumen de la puerta ancho = volumen del almacén/10,000, apertura de puertas tiempo = 30 seg, volumen de tráfico durante la apertura de la puerta = medio, juntas de puerta = bueno, cortinas de tiras en la puerta 48 aperturas de puertas por día para el almacén de refrigerados, 24 para el almacén de congelados

Escenario 3 Como el escenario 2, excepto: Sistema de refrigeración	Eficiencia media isentrópica (0,6)
Escenario 4 Como el escenario 3, excepto: Carga térmica de carretilla elevadora	1 por 40,000 m ³ de volumen tienda, tamaño = medio, eléctrico, funcionando 24h por día
Carga térmica del personal	2 personas por carretilla elevadora, 6 horas por día, persona en el almacén para períodos cortos
Carga térmica de la iluminación	Luces fluorescentes, 50 lumens.W ⁻¹ , 500 lux, funcionando 24 horas por día
Carga térmica infiltración	Puerta sin protección 96 aperturas de puertas por día para el almacén de refrigerados, 48 para el almacén de congelados
Escenario 5 Como escenario 4, excepto: Carga térmica del producto	Carga alimento a 5°C sobre la temperatura almacén
Escenario 6 Como escenario 5, excepto: Sistema de refrigeración	Eficiencia isoentrópica baja (0,5)
Escenario 7 Como escenario 6, excepto: Paredes externas	Todas las paredes no sombreadas. Todas las paredes de color oscuro
Sistema de refrigeración	Condensador refrigerado por aire
Carga térmica infiltración	Volumen de tráfico durante la apertura de la puerta = bajo, junta de la puerta = pobre 192 aperturas de puertas por día para el almacén de refrigerados, 96 para la tienda de congelados
Escenario 8 Como escenario 7, excepto: Aislamiento de las paredes	Lana de vidrio / mineral
Evaporado /condensador potencia del ventilador	Doble
Carga térmica infiltración	384 aperturas de puertas por día para el almacén de refrigerados, 192 para el almacén de congelados
Carga térmica de la iluminación	Luces fluorescentes, 30 lumens.W ⁻¹
Carga térmica del producto	Carga del alimento a 10°C sobre la temperatura almacén

punto de referencia para los almacenes frigoríficos. Esto parece especialmente relevante para los almacenes pequeños, donde el uso de energía fue considerablemente mayor en muchos casos que en el peor de los escenarios modelados (escenario 8).

5. CONCLUSIÓN

Gran parte de la variación en el rendimiento de los almacenes frigoríficos puede ser explicado por el uso del almacén, la eficiencia del sistema de refrigeración y las condiciones

ambientales que rodean al almacén. El modelo matemático proporciona una mejor comprensión de las variaciones del consumo de energía en los almacenes frigoríficos.

El modelo ha demostrado ser una útil herramienta para estimar el consumo de energía de un almacén frigorífico y proporciona un mecanismo para generar métricas que se pueden utilizar para evaluar la eficiencia de un almacén frigorífico. Con una validación mejor detallada, el modelo podría ser utilizado para comparar almacenes frigoríficos e identificar tiendas donde se podrían alcanzar importantes ahorro de energía.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a **la EACI (Agencia Ejecutiva de Competitividad e Innovación) (Executive Agency for Competitiveness and Innovation)** para la financiación este trabajo y, en particular, el responsable del proyecto, Christophe Coudun por su ayuda en la gestión del proyecto.

7.- REFERENCIAS

(1) **BELF, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtsch.** *Energie und Ernährungswirtschaft. Teil I: Bericht über die Energiesituation im Ernährungsgewerbe, Teil II Energieverbrauch für die Herstellung ausgewählter Lebensmittel.* Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 285. Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag Gm, 1983.

(2) **Bosma, J.** "Inventory study of the energy conservation potential in cold storage insulations in the Netherlands." *Proc. 19th International Congress of Refrigeration, vol. II, 382-391.* 1995.

(3) **Carlsson-Kanyama, A, and M Faist.** *Energy Use in the Food Sector: A data survey.* Environmental Strategies Research Group / Swiss Federal Institute of Technology, 2000.

(4) **Cleland, A C.** "Polynomial curve-fits for refrigerant thermodynamic properties: extension to include R134a." *Rev. Int. Froid*, 1994: 17(4):245-249.

(5) **Duiven, J E, and P Binard.** "Refrigerated storage: new developments." *Bulletin of the IIR* No. 2002-2 (2002).

(6) **Elleson, J S, and S W Freund.** *Benchmarking the Energy Performance of Industrial Refrigeration Systems.* Interim Draft Report, Industrial Refrigeration Consortium, College of Engineering, University of Wisconsin- Madison, US, 2004.

(7) **ETSU.** *Energy Consumption Guide 37: Cold storage sector.* ., UK: Energy Efficiency office, Department of the Environment, 1994.

(8) **Evans, J A, and A J Giegel.** "Reducing energy consumption in cold storage rooms." *IIR ICCO.* Cambridge, 2010.

(9) **Evans, J A, and A J Giegel.** "Reducing the energy consumption in cold stores." *The 22nd IIR International Congress of Refrigeration.* Beijing, 2007.

(10) **Evans, J A, et al.** "Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores." *Applied Thermal Engineering* 62 (2014): 697-705.

(11) **Foster, A, C Zilio, C, M Corradi, L Reinhold, and J Evans.** "Freely available cold store energy models." Paris: 2nd IIR Conference on Sustainability and the Cold Chain, 2013.

(13) **LLC, Cauty and Associates.** *weatherbase.* 2013. <http://www.weatherbase.com/> (accessed July 16, 2013).

(14) **Mudgal, S, B Tinetti, J Bain, R Cervantes, and A de Prado Trigo.** "Preparatory study for Eco-design requirements for EuPs, Lot 1. Task 2: Economic and market analysis." 2011.

(15) **Singh, R P.** Benchmarking study of the refrigerated warehousing sector in California. Public Interest Energy Research Program, California Energy Commission, 2006.

(16) **Swain, J.** Reducing the Energy Cost of Potato Storage (Final Report), Report No.2010/14. British Potato Council, 2010.

(17) **Werner, S R, F Vaino, I Merts, and D J Cleland.** "Energy use in the New Zealand cold storage industry." IIR-IRHACE Conference. Auckland, 2006.

La Dirección Técnica de **FRIO CALOR AIRE ACONDICIONADO** desea mostrar su agradecimiento a los autores de esta ponencia, **Evans, J.A., Foster, A.M, Huet, J-M., Reinholdt, L., Fikiin, K., Zilio, C., Houska, M., Landfeld, A., Bond, C., Scheurs, M., y van Sambeek, T.W.M.**, así como a **Jean-Luc Dupont, Jefe del Departamento de Información Científica y Técnica del International Institute of Refrigeration, IIR-IIF (www.iifir.org) (iif-iir@iifir.org)**, por la amable atención dispensada al autorizar la publicación de la citada ponencia en nuestra Revista.

Dicha ponencia se puede encontrar en la **sección FRIDOC** en la página web **www.iifir.org**.